


VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

Patent number: JP2003172885
Publication date: 2003-06-20
Inventor: LEE JUNG HYUN; HONG YOON SHIK; LEE HYUN KEE; JUNG SUNG CHEON
Applicant: SAMSUNG ELECTRO MECH
Classification:
- international: G02B26/02; G02B6/00
- european:
Application number: JP20020072337 20020315
Priority number(s): KR20010077035 20011206

Also published as:

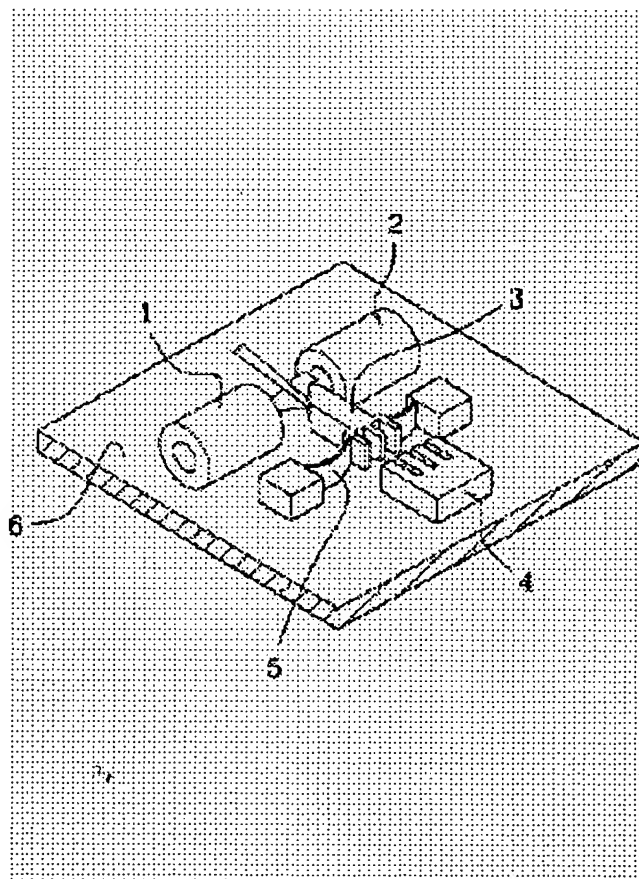
 US6459845 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2003172885

<P>PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a comb drive variable optical attenuator which can secure linearity upon transferring data.

<P>SOLUTION: The variable optical attenuator comprises a transfer fiber for transmitting light, a reception fiber which is positioned coaxially with the transfer fiber and receives light, a variable shutter which is positioned between the transfer fiber and reception fiber and vertically displaced to cut off or transmit the light, and then to control an amount of attenuation, and cuts off the light to have a maximum amount of the attenuation at an initial position, a comb actuator which drives the variable shutter, and a spring which generates a restoring force to return the variable shutter to the initial position, and the restoring force is not applied in the initial position having the maximum amount of the attenuation when a drive voltage of the comb actuator is not applied, and the restoration force is applied when the variable shutter is driven. <P>COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を送信する転送ファイバーと；前記転送ファイバーと同軸に位置して、光を受信する受信ファイバーと；前記転送ファイバー及び受信ファイバーとの間に位置し上下変位により光を遮断又は通過させることにより、減衰量を制御するものであり、初期位置で減衰量が最大になるよう光を遮断する可変遮断膜と；前記可変遮断膜を駆動するコームアクチュエータ、及び前記可変遮断膜が初期位置に戻るよう復元力を与えるもので、前記コームアクチュエータの駆動電圧が掛らない初期には、減衰量が最大で復元力が作用しなかつてから、その後前記可変遮断膜が駆動されれば、復元力が作用し始めるスプリング、とから構成される可変光減衰器。

【請求項2】 前記コームアクチュエータは駆動電圧の増加により、光の減衰量が線形的に表われるよう下記式(1)のような特徴を有する差等回路が付加されたことを特徴とする請求項1記載の可変光減衰器。

【数1】

$$V_c = V_{max} - V \cdots (1)$$

(ここで、 V_c は制御駆動電圧、 V_{max} は最大電圧である。)

【請求項3】 光を送信する転送ファイバーと；前記転送ファイバーと一定傾斜を有し位置して、光を受信する受信ファイバーと；前記転送ファイバー及び受信ファイバーの間に位置され、上下変位により光を反射させることにより、減衰量を制御するものであり、初期位置で減衰量が最大になるよう光を反射する可変ミラーと；前記可変ミラーを駆動するコームアクチュエータ、及び前記可変ミラーを初期位置に戻るよう復元力を与えるもので、前記コームアクチュエータの駆動電圧が掛らない初期には、減衰量が最大で復元力が作用しなかつてから、その後前記可変ミラーが駆動すれば、復元力が作用し始めるスプリング、とから構成される可変光減衰器。

【請求項4】 前記コームアクチュエータは、駆動電圧の増加により光の減衰量が線形的に表われるよう下記式(2)のような特徴を有する差等回路が付加されたことを特徴とする請求項3記載の可変光減衰器。

【数2】

$$V_c = V_{max} - V \cdots (2)$$

(ここで、 V_c は制御駆動電圧、 V_{max} は最大電圧である。)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光減衰器に関し、特に静電力(Electrostatic force)を用いたコーム駆動アクチュエータ(Comb drive Actuator)に関する。

【0002】

【従来の技術】一般的に光減衰器(Variable Optical Attenuator : VOA)の駆動方式は静電力を用いた構造が多

く使用されている。

【0003】アメリカ合衆国のカリフォルニア大学(the University of California)で提案されたコームアクチュエータ(Comb Actuator)はアメリカ合衆国特許第5025346号によく開示されており、前記構造は製作方式や構造的な特性において他の駆動方式に比べ、簡単であるので特に多く採用されている。

【0004】さらに、国際特許第WO98/12589号は、2段コーム駆動アクチュエータを用いた構造で光を遮断する時に使用するコームアクチュエータ部と光を遮断しない時に用いるコームアクチュエータ部を異にして構成している。

【0005】さらに、アメリカ合衆国特許第6229640号は、単一コームアクチュエータ(Single Comb Actuator)の構造で駆動する方式を開示するものであり、光を遮断及び通過させるためにコームアクチュエータの駆動力とスプリングの復元力を用いている。

【0006】前記のようなアクチュエータを用いた最近のMEMS可変光減衰器では、遮断膜(shutter)形が主に用いられている。

【0007】一般的に、遮断膜(shutter)形可変光減衰器(VOA)は一对の送受信ファイバーの間に遮断膜を位置させ遮断膜の変位により二つのファイバー間の接続面積を調節することにより、減衰量を制御するようになるが、光を1次元ガウス(Gaussian)分布に仮定する場合、減衰量[db単位]は光遮断距離(light block distance)に従い図1に示されたグラフのように大きく減少することと表われた。若し、光を2次元ガウス分布に仮定すれば、その現象は更に激しく表われることになる。

【0008】図1に示されたように、光遮断距離が増加するほど、減衰量は距離の三乗に比例する関数形態として更に減少することが分かる。

【0009】さらに、光遮断距離は次の式で表われたように駆動電圧の二乗に比例される。結局減衰量は駆動電圧の五乗に比例する結果が得られる。

【0010】

【数3】

$$f = \frac{\epsilon n_c t}{d} \times V^2 \cdots (3)$$

【0011】

【数4】

$$\delta = f/k = \frac{\epsilon n_c d}{kd} \times V^2 \cdots (4)$$

【0012】ここで f はコームアクチュエータで発生する力である駆動力を示し、 δ は変位を示す。又、 V は電圧(voltage)を示し、 ϵ は誘電率(permittivity)で $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12}$ F/mであり、 n_c はコームの個数を意味し、 t は構造物の厚さ、 d はコームのギャップを意味し、 k はスプリング常数を示す。

【0013】式(4)において、アクチュエータの変位

は他の構造物が一定の場合に掛る電圧の二乗に比例される。本発明では、最大の変位を生じる電圧を24Vに固定することにする。

【0014】一方、減衰量(Attenuation)は変位(δ)の三乗に比例することと表われたので、これを式で整理すれば、次のように3次式の関数で表われることができる。

【0015】

【数5】

$$\text{Attenuation}[dB] = a\delta^3 + b\delta^2 + c\delta + d \quad \dots (5)$$

ここで、a、b、c、dは常数である。

【0016】さらに、変位(δ)が駆動電圧の二乗に比例するので、減衰量は結局次のような高次式の関数で表われることができる。

【0017】

【数6】

$$\text{Attenuation}[dB] = \alpha V^5 + \beta V^4 + \gamma V^3 + d \quad \dots (6)$$

ここで、 α 、 β 、 γ 、dは常数である。

【0018】前記式(6)で分かるように減衰量は駆動電圧の最高5次以上の関数にて与えられ、最終的にグラフの形状は更に急速な変化をなすようになる。このようなグラフの最終結果を図2はよく示している。

【0019】即ち、前記のように従来の遮断膜形光減衰器は光波長のガウス分布と前記コームアクチュエータの構造による電圧変位特性により、データ転送の際、線形性が確保されなく性能上の問題が発生される問題点がある。

【0020】即ち、従来構造の場合で光遮断距離は駆動電圧の二乗に比例し、減衰される光の量は光遮断距離に従い幾何級数的に増加する形態なので、結局には駆動電圧と減衰量との関係は図3の三番目の図面におけるようなグラフ形態を有される。

【0021】これは図3に示されたように光の分布がガウス(Gaussian)分布を有することにより、遮断距離に従う光の減衰はより距離に従い非線形的に増加することになる。この二つのグラフを合成すれば、最終的に電圧に従って減衰される量は電圧が増加することにより、幾何級数的に増加され分解能の側面において大きな問題点を有することになる。

【0022】即ち、光波長のガウス分布及びコームアクチュエータの構造による電圧変位特性によりデータ転送の際、線形性が確保されなく性能上の問題点が発生する。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】本発明は前記のような従来技術の諸問題点を解決するために創出されたもので、既存のMEMSコーム駆動可変光減衰器で発生する性能問題を解決するために新たな駆動方式として可変遮断膜や可変ミラーの初期位置を変更し、補助的に差等回路を付加してデータ転送の際、線形性を確保することを

目的にする。

【0024】

【課題を解決するための手段】前記のような問題点を解決するために本発明は光を送信する転送ファイバーと、前記転送ファイバーと同軸に位置して、光を受信する受信ファイバーと、前記転送ファイバー及び受信ファイバーの間に位置され、上下変位により光を遮断、又は通過させることにより、減衰量を制御するものであり、初期位置で減衰量が最大になるよう光を遮断する可変遮断膜と、前記可変遮断膜を駆動するコームアクチュエータ、及び前記可変遮断膜が初期位置に戻るよう復元力を与えるもので、前記コームアクチュエータの駆動電圧が掛らない初期には減衰量が最大で復元力が作用しなかつたから、その後、前記可変遮断膜が駆動すれば、復元力が作用し始めるスプリングから構成される可変光減衰器に関し、開示している。

【0025】

【発明の実施形態】図4は本発明の一つの実施例を示す構成であり、以下添付された図面を参照して説明する。

【0026】転送ファイバー1を通過した光は前記転送ファイバーと同軸に位置して光を受信する受信ファイバー2に伝達されるが、この時、前記転送ファイバー1及び受信ファイバー2の間に位置された可変遮断膜3の変位により光が遮断又は通過されることにより減衰量を制御することになる。

【0027】さらに、前記可変遮断膜3を駆動するためにコームアクチュエータ4が設置されるが、この時、前記コームアクチュエータは前記変位が駆動電圧の二乗に比例する特性を有するようになる。

【0028】前記可変遮断膜3を最初の状態に戻るように復元力を付与する為にスプリング5が設置されるが、この時、前記スプリング5は前記コームアクチュエータ4の駆動電圧が掛らない初期には復元力が作用しなかつたから、その後、前記可変遮断膜3が駆動されれば、復元力が作用し始める特徴を有する。

【0029】未説明符号6は基板を示す。

【0030】本発明において提案された駆動方式の基本条件は次の通りである。

【0031】第1に、変位が電圧の二乗に比例するコームアクチュエータ(Comb Actuator)の構造である。

【0032】第2に、受信ファイバー2がコームアクチュエータ4とスプリング5による初期条件で光を全く受けていない状態であるべきである。即ち、初期条件で減衰量が最も大きい構造であるべきである。初期駆動電圧がない場合、光を全部遮断した構造でスプリング5の復元力が全く作動してはいないが、電圧が掛ることにより、前記可変遮断膜3が漸次的に開かれ、光を伝達する量が増加される構造である。

【0033】このような特徴を添付された図面の図5を参照して説明する。図5は本発明による可変遮断膜の初

期位置を示す図面である。

【0034】即ち、初期には前記可変遮断膜3が完全に上方に位置し、スプリング5の復元力がない状態となり、受信ファイバー2側に光を全く伝達されない状態となる。その後、前記可変遮断膜3は前記コームアクチュエータ4の駆動により漸進的に下方に移動し光を通過させることにより前記スプリング5の復元力が発揮され光の量を調節することができるようになる構造である。

【0035】一方、前記スプリング5の復元力が作用され、前記可変遮断膜3が光の量を調節する間の位置を図10に示した。

【0036】即ち、本発明では前記のように従来の光減衰器とは異なり、可変遮断膜の初期位置を変更することを特徴とする。

【0037】本発明では他の実施例として光を送信する転送ファイバーと、前記転送ファイバーと一定傾斜を置き位置して光を受信する受信ファイバーと、前記転送ファイバー及び受信ファイバーの間に位置され、上下変位により光を反射させることにより、減衰量を制御するものであり、初期位置で減衰量が最大になるよう光を反射させる可変ミラーと、前記可変ミラーを駆動するコームアクチュエータ、及び前記可変ミラーが初期位置に戻るよう復元力を与えるもので、前記コームアクチュエータの駆動電圧が掛らない初期には減衰量が最大で復元力が作用しなから、その後前記可変ミラーが駆動されれば、復元力が作用し始めるスプリングから構成される可変光減衰器を開示している。

【0038】図7はこのような構成を示す図面であり、図面に示されたように図7を参照して説明すれば次の通りである。

【0039】初期には可変ミラーが完全に下方に外れており、スプリング15の復元力がない状態で、転送ファイバー11から受信ファイバー12側に光が全く伝達されない状態となる。この時、可変ミラー13が漸進的に上方に移動して光を反射させられ、前記スプリング15の復元力が発揮され光の量を調節することができるようになる構造である。未説明符号16は基板を示す。

【0040】さらに、前記スプリング15の復元力が作用されない初期の前記可変ミラーの位置及びスプリング15の復元力が作用する間の位置を夫々図8及び図9に示した。

【0041】前記のように前記可変遮断膜3及び可変ミラー13の初期位置とスプリングの復元力が作用する間の位置の間の差である変位(δ)とコームアクチュエータの駆動電圧の間には次のような式7が成り立つ。

【0042】

【数7】

$$\delta = K V^2 \cdots (7)$$

【0043】さらに、本発明の実施例で光遮断距離(x)は下記のような式で得られる。

【0044】

【数8】

$$x = \delta_{\max} - \delta = \delta_{\max} - K V^2 \cdots (8)$$

【0045】ここで δ_{\max} はコームアクチュエータ(Actuator)の光遮断用最大距離を示すものであり、前記式で光遮断距離は、電圧に対し負の符号を有した2次式にて示することができる。

【0046】従って、式8を通じ遮断距離と電圧との間に図10の一番目の図面のような結果を示すグラフが得られる。

【0047】さらに、光遮断距離に従う減衰量は図10の二番目の図面のように表わることが分かる。従って、前記二つのグラフを合成すれば、最終的に駆動電圧による減衰量が図10の三番目の図面のように示される。即ち、駆動電圧により幾何級数的に増加する既存の形態とは異なり、初期に最大値を有してから漸進的に減少する形態を示すことになる。

【0048】即ち、本発明による光減衰器はコームアクチュエータが初期電圧を掛けない時、受光部が光を受けられぬ構造であるので、初期に減衰量が最大に表われた後、駆動電圧が増加することにより、徐々に変化する特徴を示す。

【0049】この場合、電圧と減衰量の関係を示すグラフは、高い駆動電圧の時に高い解像度を有するようになり、全体的にはより線形的な減衰曲線を有することになる。

【0050】図11はビーム(Beam)をガウス(Gaussian)分布とし、コームアクチュエータ(Comb Actuator)の変位特性により得たグラフである。図11の減衰量と駆動電圧曲線から分かるように最高駆動電圧で減衰量が少なく表わることが分かる。

【0051】従って、最高駆動電圧で減衰量を最高とする為には、図13に示されたような回路を取り付け簡単に解決することができる。一般的に制御駆動電圧 V_c と最大電圧 V_{\max} は次の式のような関係を有する。

【0052】

【数9】

$$V_c = V_{\max} - V \cdots (9)$$

【0053】この時、前記制御駆動電圧により減衰量は図12に示されたように V_c が線形的に増加することにより減少する形態を示される。ところが、前記式9のような関係を有する理由は次の式を通じ分かる。

【0054】

【数10】

$$\delta_{\max} = K V_{\max} \cdots (10)$$

【0055】式9によれば、実際駆動電圧(V)に対する減衰量を示すグラフは、図12のように表われ、実際駆動電圧と制御駆動電圧が夫々24V及び0Vに表われ、これは図11とはその値が互いに変わる形態を有するようになる。

【0056】さらに、本発明の望ましい実施のため、一般的な駆動電圧が増加することにより、減衰される量も多くなる場合に差等回路を取り付けることによりデータ転送の線形性を確保することにより、従来の問題点を容易に解決することができる。

【0057】本発明による場合、減衰量が線形性を多く有するようになり分解能も一定限度以上に悪くならない特徴が示されるが、これは直線回帰数式により分かる。従来の方式を使用する場合、回帰直線の寄与率(coefficient of determination)は $R^2 = 0.59$ であり、本発明の場合、 $R^2 = 0.97$ の値を有する。また、最大駆動電圧の中間部分における分解能が最小分解能を有する特徴がある。

【0058】

【発明の効果】前記のように本発明は既存の可変光減衰器で発生する性能問題を解決することができる新たな駆動方式を提案することにより、電圧に従って減衰される量が電圧の増加により幾何級数的に増加しなく、分解能側面でも優れた効果がある。

【0059】以上の説明で本発明は特定の実施例及び適用分野と関連して図示及び説明したが、特許請求範囲により表われた発明の思想及び領域から外れない限度内で様々な改造及び変化が可能であり、その適用においても様々な形態に具現可能であるということを当業界において通常の知識を持つ者であれば誰でも容易に分かることであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の一般的な遮断膜形MEMS可変光減衰器における減衰量と遮断距離との間の関係を示す図である。

【図2】 従来の一般的な遮断膜形MEMS可変光減衰器における減衰量と駆動電圧との間の関係を示す図である。

【図3】 従来の一般的な遮断膜形MEMS可変光減衰器における遮断距離と電圧、減衰量と遮断距離及び減衰

量と電圧との間の関係を概略的に示す図である。

【図4】 本発明による一つの実施例によるMEMS可変光減衰器の構成を示す図である。

【図5】 本発明による一つの実施例における可変遮断膜の初期位置を示す図である。

【図6】 本発明による一つの実施例におけるスプリングの復元力が作用され光の量を調節する間の可変遮断膜の位置を示す図である。

【図7】 本発明による他の実施例に従うMEMS可変光減衰器の構成を示す図である。

【図8】 本発明による他の実施例における可変ミラーの初期位置を示す図である。

【図9】 本発明による他の実施例におけるスプリングの復元力が作用され光の量を調節する間の可変ミラーの位置を示す図である。

【図10】 本発明による遮断膜形MEMS可変光減衰器における遮断距離と電圧、減衰量と遮断距離及び減衰量と電圧との関係を概略的に示す図である。

【図11】 本発明による遮断膜形MEMS可変光減衰器における挿入損失による減衰量と駆動電圧との間の関係を概略的に示す図である。

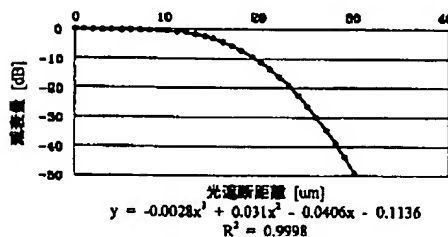
【図12】 本発明に従う駆動電圧差等回路による減衰量と駆動電圧との間の関係を概略的に示す図である。

【図13】 本発明による駆動電圧差等回路を概略的に示す図面である。

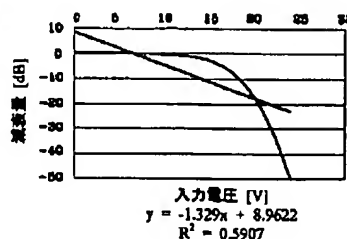
【符号の説明】

- 1, 11 転送ファイバー
- 2, 12 受信ファイバー
- 3 可変遮断膜
- 4, 14 コームアクチュエータ
- 5, 15 スプリング
- 6, 16 基板
- 13 可変ミラー
- δ 変位

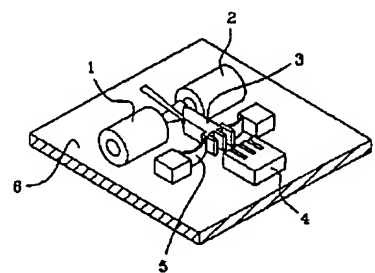
【図1】



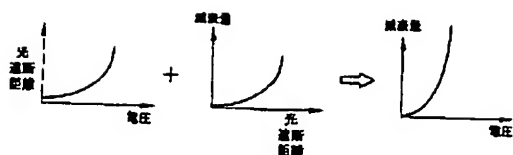
【図2】



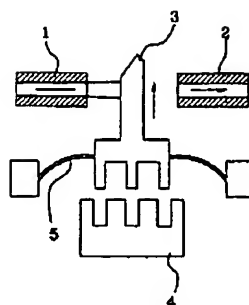
【図4】



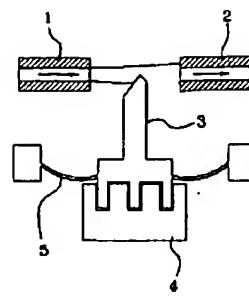
【図3】



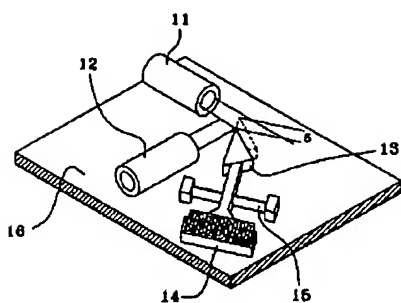
【図5】



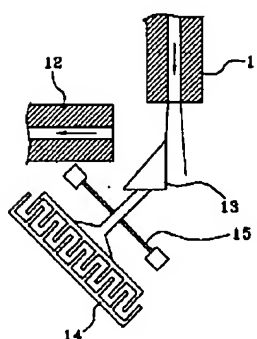
【図6】



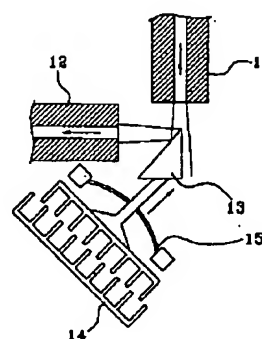
【図7】



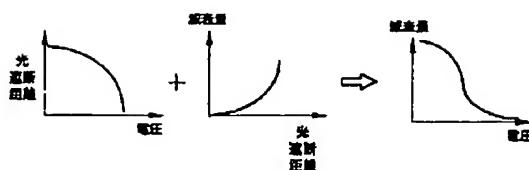
【図8】



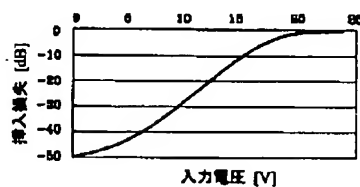
【図9】



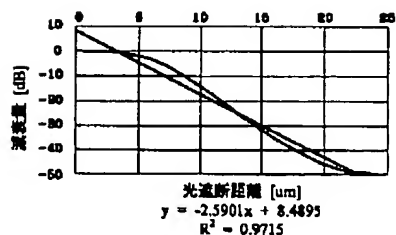
【図10】



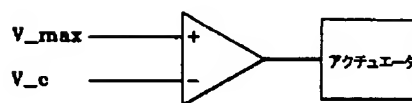
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 李 賢基

大韓民国京畿道水原市八達区盤通洞1040-12

(72)発明者 鄭 成天

大韓民国ソウル市瑞草区良才洞14-10201号

(7)

特開2003-172885

Fターム(参考) 2H038 BA27

2H041 AA02 AB02 AB13 AC01 AZ01